

las tecnologías de la tercera revolución de la información

Este ensayo pretende extender el discurso acerca de las tecnologías de la información, reducido habitualmente, para unos, a la telemática, para otros a los medios electrónicos de comunicación de masas, para algunos a la informática, etc. Diversas razones aconsejan entrar en un breve análisis histórico, rastreando desde 100 años atrás las claves científicas y técnicas de las muchas «revoluciones» que cada día se nos anuncian.

Este análisis genético se completa con una amplia síntesis conceptual del cuadro tecnológico actual, en la que se aprecian tres factores de integración: la electrónica, las técnicas digitalizadoras y el computador. El primero aporta un soporte físico unificador; el segundo, un soporte simbólico único. Por último, el computador potencia los anteriores y produce un fenómeno interesante de «cerebración» creciente del conjunto de las tecnologías de la información.

Fernando Sáez Vacas

TECHNOLOGIES OF THE THIRD INFORMATION REVOLUTION

This essay sets out to broaden the discussion of information technologies, which are commonly «reduced» to telematics for some people, to the electronic mass media for others, to informatics for others, and the list goes on.

Many reasons make it fitting to give a brief historical analysis, going back 100 years in search of the scientific and technical keys of the many «revolutions» announced to us each day.

This genetic analysis is completed with a comprehensive conceptual synthesis of the present technological framework, presenting three integrating factors: electronics, digital techniques and computers. The first contributes a unifying physical support; the second provides a unique symbolic support; and the third and last fuels the first two and produces the interesting phenomenon of a growing «cerebration» of the set of information technologies.

INTRODUCCION

Este ensayo pretende ampliar el discurso acerca de las tecnologías de la información, «reducido» habitualmente, para unos, a la telemática, para otros a los medios electrónicos de comunicación de masas, para algunos a la informática, etc. Para precisar el terreno, aquí se considera solamente el nivel no significativo de la información, esto es, la información que es física en cuanto que vinculada a la materia y la energía. Con ello y pese a no entrar, por tanto, en

apreciaciones de tipo sociológico, económico o filosófico, adquiere ya el cuadro bastante complejidad.

La perspectiva diseñada aconseja un breve análisis histórico en busca de las claves científicas y técnicas de las muchas «revoluciones» que cada día se nos anuncian. No en nuestros días, sino en el siglo XIX, es en donde puede decirse, convencional pero razonablemente, que empieza la tercera revolución de la información, que con tanta intensidad se vive ahora. Allí encontramos diversos hitos de las ramas de la física, de las telecomunicaciones y de la informática que han ido configurando desde entonces, en un dinámico entretrejerse, las tecnologías relacionadas con la información.

La complejidad del cuadro tecnológico podría adquirir rápidamente caracteres explosivos, por virtud de los progresos científicos multiplicativos de hoy, si no fuera —según se argumenta en el ensayo— por la presencia de dos primeros factores de integración: la electrónica y las técnicas digitalizadoras. El primero aporta un soporte físico de talante unificador; el segundo, un soporte simbólico único.

Por último, el computador —electrónico y digital—, un instrumento, cuya gestación ha requerido cien años, que nacido y se viene utilizando no hace ni cuarenta, irrumpe revistiéndose de una función inédita. El computador se apoya en, y potencia, los factores integradores mencionados, e introduciéndose en el tejido de las tecnologías de la información, lo lanza a una evolución marcada por un vector de cerebración creciente. La significación profunda del computador aquí es que produce integración metodológica y diferenciación estructural.

¿Son éstas las pautas por las que va a discurrir la andadura próxima de la tercera revolución de la información?

adquisición, procesamiento, almacenamiento y diseminación de información vocal, icónica, textual o numérica». Esta definición, a pesar de su amplitud, es incompleta y en un sentido importante, puesto que deja fuera del discurso un tipo fundamental de información, que propongo incluir, la información sobre el mundo de la materia.

Es patente que dichas tecnologías son cualquier cosa excepto un conjunto homogéneo y su variedad de funciones es insólita. Por ejemplo, la función de adquisición de información se produce en un micrófono, en un transductor de temperatura o en un receptor de TV. Igualmente, procesar información es algo que corresponde, aunque en distinta medida y forma, a un computador y a un circuito codificador. Vemos que la función de almacenar se verifica tanto en la memoria de un computador como en un magnetoscopio. Y diseminar información ocurre a través de un sistema de transmisión telefónica, ocurre en un sistema de difusión radioeléctrica y en la simple conexión de un altavoz.

Con ser dispersa la gama, la hilvana un factor histórico común: toda ella se ha construido ostensiblemente en un período de poco más de cien años hasta nuestros días. Y en éstos, precisamente, está siendo sometida a unos procesos integradores cuya significación analizaremos aquí: las tecnologías de la información se electrifican, se digitalizan y se computarizan, muy activamente por cierto.

UNA REVOLUCION QUE DURA YA MAS DE CIENTOS AÑOS

Nuestro marco de observación

Antes, se ha hecho referencia al término «revolución». Esta palabra tiende, por abuso, a desgastarse. Restaurarla, exige una interpretación relativista.

Así, por ejemplo, si alguien habla de la «revolución del ordenador personal» incurre en exageración para quien, experto en la materia, ve el ordenador personal como un suceso de una etapa anunciada.

Por lo general, revolución, en su sentido de «cambio brusco», ocurre cuando un fenómeno entra en una fase de aceleración intensa como resultado de la confluencia de distintas fuerzas previas y de una causa catalizadora, no necesariamente de aparición súbita. En otras palabras, apreciar un fenómeno como revolucionario tiene mucho de convencional y depende de la magnitud del fenómeno, del grado de proximidad técnica del observador con respecto a la génesis de dicho fenómeno y de la escala temporal con que se mide la observación.

Imaginando sucesivamente marcos diferentes de observación con respecto a un objeto o fenómeno, por desplazamiento entre valores mínimos y máximos de la magnitud del mismo, del grado de proximidad y del intervalo de observación, ciertas revoluciones dejan de serlo y otras pasan a ser pequeñas revoluciones o revoluciones parciales. Desde luego, escoger como tema de estudio las técnicas elaboradas por el hombre en el intervalo de observación de toda su historia nos trazaría un marco imposible. Abarcaría desde que aquel consigue la bipedestación, libera las manos y empieza a desarrollar su cerebro, hasta el momento actual, mientras va tallando los diversos caminos que conducen sus progresos, —tan ligados entre sí—, en el conocimiento y dominio de la materia, la energía y la información.

Pero, en cualquier caso, es obligado elegir un marco. Aquí se considerará como objeto de atención el conjunto de las tecnologías de la información, una posición observadora de

PREAMBULO DE CAUTELA, DEFINICION E INTENCIONES

Si hay un ejercicio arriesgado dentro del ámbito de la técnica, es el de reflexionar acerca del sentido e intimidad de ésta. Procede el riesgo no sólo de la propia dificultad del trabajo de síntesis sino también de la incertidumbre ante el acto de elegir un nivel de comunicación hacia desconocidos lectores. Parece ser que cuando éstos son profesionales de la tecnología, tienden estadísticamente a enclaustrarse en un ancho de banda de intereses angosto y son, por lo común, más propensos a la acción y a la especialización que a la reflexión y a la generalización.

Las consideraciones que siguen, sobre las tecnologías de la información, acometidas con el temor que acabo de señalar, abordan un tema de una actualidad evidente.

Los medios de comunicación social y, lo que es peor, sedicentes personajes técnicos confunden en alegre revoltijo términos como telemática, microelectrónica, informática, etc., y se va haciendo hábito emplear la voz «revolución» aplicada a uno de estos campos o a todos.

Datos oficiales demuestran que en Estados Unidos, un cincuenta por ciento de la población laboral trabaja en el sector de la información. Parece desprenderse de ello que la «materia prima» de los procesos en las sociedades de economía y tecnología avanzada es la información.

Progresivamente, esa información fluye a través de un tejido nervioso, cuyas células son artefactos, es decir, lo que se entiende usualmente por tecnologías o productos de las tecnologías. ¿Qué son las tecnologías de la información?

«Las tecnologías de la información se aplican en la

aproximación sensible a las fuerzas científicas y técnicas causantes (enfoque genético) y un subintervalo concreto de la historia, el período último de 100-150 años.

Quiero añadir una frase muy a propósito de un matemático (Bruter), que dice así: «conocer verdaderamente el objeto, consiste, ante todo, en haber percibido los secretos de su historia, de la corriente de la que es, a la vez, la culminación y una proyección».

Herbert Simon ha registrado tres revoluciones de la información: la revolución del lenguaje escrito, la del libro impreso y ésta que vivimos, aún sin nombre, en despegue desde alrededor de la mitad del siglo XIX. Intentaremos, por unos momentos y en forma de trazo grueso, ajustar nuestra escala de observación a este período. Por si el lector tiene algún escrúpulo en cuanto al tiempo, piense que, confrontado con la historia de la humanidad, es perfectamente válido designar como revolución a un fenómeno que acontece bajo régimen acelerado en un lapso —un instante— de cien o de doscientos años. Desde esta perspectiva, determinados logros que, en un marco más reducido, serían legítimamente considerados revolucionarios, aparecerán aquí como puntos de alimentación de un proceso de desarrollo exponencial.

Volviendo al «objeto», su diversidad nos llevaría a rastrear la historia remontando no una sino varias corrientes, para cubrir apenas el espectro completo de estas tecnologías. Entre otras razones, las dimensiones del ensayo así lo aconsejan, por lo que me concentraré especialmente sobre las más publicitadas —electrónica, informática, telecomunicaciones— nombres por los que hoy se conoce a esas ramas de la incesante actividad científica del hombre. Aludiré de forma sinóptica al resto.

Telecomunicaciones y Electrónica

Se dice que cualquier tecnología suficientemente avanza es indistinguible de la magia y esta proposición nos acerca un poco a la sabiduría, aplicada retrospectiva y prospectivamente, esto es, si se aplica a objetos del pasado y a objetos del futuro. De no ser así, hitos percibidos en su tiempo como mágicos se tildarían hoy de soberanas

receptor conectado a una antena de unos 120 metros suspendidos de una cometa. ¿Qué información se transmitió? Simplemente, tres puntos, la letra S, según el código Morse. El tiempo nuestro de los satélites de comunicaciones es gran deudor de esa primera ese radioeléctrica.

Los progresos de las telecomunicaciones son muchas veces indiscernibles de los progresos de la electrónica y, más en puridad, de los de la electricidad. Electroacústica, electrotecnia, electroquímica, electromagnetismo, electrónica de vacío, electrónica del sólido, microelectrónica, optoelectrónica, crioelectrónica, etc., forman un conjunto de dominios en ocasiones muy conexos. Antes de que naciera la electrónica como tal —el electrón, carga eléctrica elemental, inicia su historia en 1897 (Thomson) y alrededor de 1900 con el descubrimiento, por Crookes, de los rayos catódicos— se habían inventado el telégrafo eléctrico (1837), el teléfono (1876) y la radio (oficialmente en 1898).

Hacia 1865-67 ocurre la proeza de abstracción de Maxwell, quien con su Teoría de los Campos Electromagnéticos, crea un fulgor doctrinal que ilumina la Física de la segunda mitad de siglo, deslumbra de lleno la Electricidad y guía, dentro de ésta, a aquellos pioneros que veían la electricidad como el medio de intercomunicar los hombres a distancia. Los afanes y la inteligencia de Hertz, Branly, Lodge, Popov, Marconi y otros en construir circuitos para producir y detectar ondas electromagnéticas han escrito sus nombres con letras de oro en las primeras páginas del libro de la tercera revolución de la información, una información creada, procesada, transmitida y detectada por medios eléctricos.

No se puede olvidar, por la misma época, la importantísima tecnología de la información ligada a los medios ópticos: microscopía, telescopía, fotografía, cinematografía, cuyo principal inconveniente es la lentitud de su transmisión, en los casos en que ésta es posible. Pero ¡atención!, que las tecnologías de la comunicación son un subconjunto de las de la información.

A partir de 1906, en que De Forest consigue el triodo, inaugurando con ello la electrónica de vacío, las telecomunicaciones y una parte de la electrónica se sinergizan continuamente, sin perder su identidad, o lo que es lo mismo, si se las mira como cajas negras, sus entradas y salidas compartidas abundan, pero cada caja tiene asimismo las suyas propias y específicas.

Durante la época de dominio del vacío en la electrónica,

chapuzas: verbigracia, el primer enlace radio entre Cornualles y Terranova (3.500 kms), que, acorde con las crónicas, se estableció en 1901, entre un emisor alimentado por un generador movido por un motor de gasolina de 25 CV, su antena sujeta a cuatro postes de 60 metros de altura, y un

que termina en 1948 con la invención del transistor, se produce un período de prodigio desde alrededor de 1930, en el que, no sólo se perfecciona la radiodifusión, sino que se crea la televisión, el radar, las comunicaciones múltiples, la radionavegación, etc. También, el computador de programa almacenado, aunque ésta es historia aparte. La zona umbría de los primeros treinta años de este siglo corresponde a un enlace de continuidad con los trabajos del siglo XIX y a un esfuerzo múltiple y acumulativo en el desarrollo de circuitos y componentes (tubo de rayos catódicos, oscilador de cuarzo, iconoscopio, materiales aislantes), en la investigación del espectro electromagnético, en el estudio de las técnicas de modulación, y un largo etcétera preparatorio de la eclosión prodigiosa antes citada.

No hay información sin energía, es evidente. Ahora bien, para las telecomunicaciones, y, por consiguiente, también para esa electrónica íntimamente entrelazada con ellas, la energía, pese a ser obviamente indispensable, ocupa un lugar netamente mediador. En otras palabras, lo que les interesa de la energía electromagnética, por ejemplo, no son sus propiedades energéticas sino sus propiedades informativas. De las primeras, basta con tener la suficiente en cantidad y calidad para que se conserven o se generen las segundas. Precisamente, ésta es una característica común a todas las tecnologías de la información, pertenezcan o no al reino de las telecomunicaciones: que son blandas (poco intensivas) en energía.

Informática

¿Y la informática? Se encuentra con la electrónica hacia el año 1945; años después, con las telecomunicaciones. Su génesis es, en todo caso, muy anterior. Sin remontarnos al hipotético cálculo astronómico antiguo (Stonehenge) o a la tradición oriental (el ábaco), se encuentra en los últimos tres siglos una clara cadena de transmisión: Pascal, Leibniz (Europa, siglo XVII); Boole, Babbage (Inglaterra, siglo XIX); Shannon, Von Neumann, Turing (EE.UU., Inglaterra, décadas de los 30 y 40, siglo XX). Todos estos personajes son matemáticos y cada uno de ellos ha impreso su genio en cierta manera sobre (al lado de) la obra de sus antecesores (coetáneos). No cabe duda de que otros muchos han contribuido con sus trabajos a crear la informática que hoy conocemos. Sin embargo, el mencionado esquema de personajes, momentos y lugares sitúa muy aproximadamente, los núcleos genésicos y un rasgo fundamental: la esencia de la informática es matemática.

Un análisis más pormenorizado indica la existencia de tres corrientes, no siempre disjuntas, de desarrollo, que confluyen en el ordenador actual. Son las máquinas calculadoras, las máquinas estadísticas y las máquinas (luego autómatas) lógicas. Entre las primeras hay que citar la Pascalina (por Pascal) y la máquina de diferencias, de Babbage, aunque adquieren su mayor auge a partir del último cuarto del siglo XIX, y fama especial, poco antes de terminar éste, la máquina Millionnaire. Su finalidad, el cálculo en general, científico y comercial.

Las máquinas estadísticas se construyen, al impulso del interés en la investigación social iniciado por la época de Darwin, con el fin de manejar masas de datos a la búsqueda de relaciones. Con ocasión del censo de 1890 de los Estados Unidos de América, se impuso el ingenio de Hollerith con su sistema eléctrico de tabulación alimentado por tarjetas perforadas. A lo que se dijo, toda una nación fue computada por medio de la electricidad. Hollerith aplicó y actualizó el principio de la información perforada que, un siglo antes,

Jacquard empleó en sus telares. El impacto de esta idea, con ligeras variantes, ha sido enorme y perdurable hasta nuestros días.

En los autómatas lógicos se combinan estas dos ideas, el control automático, popularizado desde 1787 por el regulador de Watt (modelado teóricamente por Maxwell) y la operación lógica, puesta en práctica desde la publicación por Boole de su obra «The Laws of Thought», en 1854, con sucesivas máquinas.

A lo largo de una cronología muy apretada en realizaciones, en la que, entre otras cosas, se pasa de una tecnología básica mecánica a una tecnología electromecánica y luego electrónica, los progresos respectivos culminan en 1945 con el diseño del ordenador de programa almacenado, en el que se funden todas las ideas que hemos esbozado, y se plantean otras nuevas. Esta obra, cuya firma encabezaba Von Neumann, era el diseño de un artefacto en el que el automatismo residía en el programa, siendo éste ejecutable en una máquina capaz de operaciones y decisiones lógicas y de operaciones aritméticas. La computación y el almacenamiento se efectúan en modo digital binario.

No nos resistimos a citar a dos pioneros, que escribieron páginas claves del libro de la Informática, previas aunque coetáneas de las de Von Neumann, Shannon, que once años después escribiría su memorable Teoría Matemática de la Comunicación, demostró en su tesis (1937) que la matemática adecuada para el análisis de los circuitos de conmutación con relés era el álgebra de Boole. He ahí que la

matemática pura que, según Bertrand Russell, fue descubierta por G. Boole, se constituía en el instrumento teórico indispensable al estudio del muy complejo circuito de relés del analizador diferencial de Bush (problema en el que se ocupaba Shannon) y de las centrales telefónicas.

Alan Mathison Turing, matemático inglés, inventó un computador abstracto, extremadamente simple, capaz de cualquier cálculo, un instrumento teórico que representa una cumbre del pensamiento y la piedra angular de los fundamentos de la informática.

Creo que ha quedado patente a lo largo de mi exposición la fortaleza del encadenamiento en el tiempo de los esfuerzos teóricos y prácticos, de tal manera que es erróneo (y frecuentemente estéril) considerar los hechos aislados. Daré una última pincelada. Turing valoró los escritos de Ada de Lovelace, inglesa como él, matemática, ayudante de Babbage, quien escribió estas bellas palabras: «La máquina analítica (de Babbage) teje patrones algebraicos igual que el telar de Jacquard teje flores y hojas». Hoy, la Inteligencia Artificial, tan portadora de futuro, reconoce entre sus pioneros a Shannon y Turing.

Otras tecnologías y esquema del conjunto

Me gustaría ser capaz de expresar en pocas líneas un esquema coherente y no simplista del conjunto de las tecnologías de la información, algo que ayudara a comprender su presente y a prefigurar su futuro. Todas las tecnologías nacen de algún impulso profundo del hombre.

Hay un impulso de curiosidad infatigable que le lleva a inquirir el universo que lo rodea: la naturaleza, la materia. Las ciencias físicas y químicas han constituido una constante fuente de la que han brotado tantos y tantos descubrimientos que han modificado las formas de vida del hombre y su relación con la naturaleza. En particular, han proporcionado los elementos para hacer realidad otros de sus sueños o deseos.

Por ejemplo, el deseo de comunicación. El libro impreso (Gutenberg, 1455) se prolonga en nuestro tiempo con las técnicas gráficas avanzadas y adquiere un vigor inusitado en la popular tecnología reprográfica, ramas indudables de las tecnologías de la información. Del mismo impulso nacen las técnicas del sonido y de la imagen y las telecomunicaciones.

Otro deseo específico del ser humano es el de abstracción intelectual y de modelación que, tras pasado un cierto umbral, se desborda en un afán de control del entorno por medios artificiales inteligentes. En ese deseo se enraízan la filosofía, la matemática y, por lo que a este ensayo concierne, tan poderosa rama de las tecnologías de la información como es la informática.

He insistido en subrayar el aspecto diversificado y tentacular de las TI^(*), con el decidido propósito de contrarrestar el reduccionismo habitual en el tratamiento de este tema. Intento ahora ponerlas en relación con tres clases de impulsos del ser humano: el deseo de conocimiento, el deseo de comunicación y el deseo de abstracción. Ellos configuran troncos tecnológicos, históricamente diferenciados, pero que en uno u otro momento adquieren nuevas formas y direcciones al nutrirse de la sustancia que genera un tronco principal, el que se ocupa sin cesar de la investigación de la materia (ligado al deseo de conocimiento). En este proceso vivo se derivan, por un lado, tecnologías

de observación y medida (TI) para los propios fines de desarrollo de tal tronco principal (espectroscopía, telescopía, microscopía, cromatografía, magnetometría, instrumentación de transducción en general) y, de otra parte, los huesos y la carne para dar cuerpo a los otros dos impulsos y a las actividades humanas con ellos relacionadas.

Ahí se encuentra el papel de la electrónica, por ejemplo. Consecuencia ella de la investigación sobre la materia, ha permitido renovar o potenciar las tecnologías de información acerca del mundo físico, las tecnologías de comunicaciones y la informática; y su mismo éxito aplicativo le devuelve iterativamente un incentivo incrementado.

Hallamos también aquí razones para comprender el carácter inevitablemente polifacético de las tecnologías de la información. Fijémonos en la informática. Hemos dicho que posee una esencia matemática, suerte de núcleo bastante independiente de su corporeización física o instrumental. Sin embargo, esta última faceta es extremadamente fuerte y hoy muy inervada por los progresos de la microelectrónica. A lo anterior, es preciso añadir la particularización debida a la problemática concreta a la que se aplique. Así que ya tenemos tres clases de facetas, la primera basada en sus orígenes, la segunda marcada por las aportaciones físicas y de ingeniería y la tercera por el género de actividad en que se ejerce. Adicionalmente, las facetas se multiplican por entrelazamiento con otras TI históricamente específicas y ya mencionadas. Que cada lector, si lo desea, desarrolle las combinaciones. El razonamiento podría repetirse comenzando con todas y cada una de las TI.

Parece un juego de palabras esto de las ramas históricas de la tecnología y de sus facetas. No lo es, en absoluto. De

hecho, es un asunto pletórico de enseñanzas, a poco que uno se moleste en proyectar todo este esquema sobre culturas o sociedades concretas.

Así, no tiene nada de casual que las TI se hayan desarrollado en países en donde la ciencia positiva constituía una parte significativa y apreciada del quehacer social. En último extremo todas ellas se engarzan con una cierta tradición científica, si bien, en términos más directos, la tercera revolución de la información tiende a iniciarse con la percepción y aprovechamiento de determinados aspectos de la energía, que luego hemos dado en llamar «información».

El progreso en la segunda faceta de las TI no se detiene y

(*) En adelante, se empleará con frecuencia TI para designar abreviadamente las Tecnologías de la Información.



El uso del computador se extiende desde la investigación científica a la industria, la gestión económica y la organización social

pertenece a quien domina todas las ramas de la física y las ingenierías correspondientes. Y sólo con que se alterase esta faceta, aunque permaneciesen las otras, ya cambiaría mucho o casi todo en las TI. Es lo que está y seguirá sucediendo.

La frase «quien tiene la información tiene el poder» puede ya transformarse en «quien tiene la tecnología de la información tiene el poder». Como la tecnología de la información es una consecuencia del dominio científico y tecnológico en general, ya se sabe quién acapara el poder y cuáles son las posibilidades de los demás. Corolario: dondequiera que sea, el sector de la información experimentará cambios aún más profundos, aunque su incremento relativo como sector ocupacional probablemente está más relacionado con el poder científico y tecnológico de un país que con cualquier otro factor.

PERSPECTIVA INTERFUNCIONAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Un bosque inextricable

Después de este paseo por el tiempo histórico, detengámonos en el hoy, a ver qué nos ofrece el baúl de las TI y cuál pueda ser su tendencia para un próximo futuro.

Ya la propia definición de «Tecnologías de la información» —recuérdese que hemos considerado oportuno extenderla— es una taxonomía de carácter funcional (adquisición, procesamiento, etc.) antropocéntrica (información vocal, icónica, etc.). Aún puede profundizarse en nuevas dimensiones clasificatorias, con arreglo a parámetros instrumentales, como el tipo de energía (térmica, mecánica, química, electromagnética, fotoeléctrica, etc.), el material (metal, vidrio, semiconductor, gas), la estructura, el régimen temporal de la información (continua, discontinua), etc. Mayor nivel de resolución se alcanza discriminando subclases de energía, materiales e información (incluyendo aquí lo analógico, lo digitalizado, lo digital y las distintas modalidades de representación, modulación, muestreo, codificación, etc.). Partiendo de la definición inicial, es posible ir descendiendo sucesivamente en detalle hasta construir una clasificación de los mecanismos de la información, que desde luego no es un árbol —en el sentido matemático del término— pero sí un inextricable bosque.

En mi opinión, navegar por este bosque, incluso mentalmente, es tarea poco menos que imposible. De hecho, nuestra proclividad a la especialización nos lo impide. Por suerte para todos, aunque el número de artefactos va a continuar aumentando, la complejidad del bosque sufrirá un aumento lineal y no exponencial —como sería de esperar—, gracias a varios factores técnicos integradores.

Esperemos que la descripción anterior, aunque breve y muy conceptual, haya conseguido el objetivo, por un lado de esquematizar un índice del enorme abanico instrumental disponible u, por otro, de señalar la conveniencia de emplear complementariamente un modelo más abstracto, que nos conduzca a las conclusiones generales que venimos anunciando.

Las TI como procesadores de la información en el tiempo, en el espacio y en la forma

Con un pequeño esfuerzo, todos somos capaces de imaginar objetos sometidos a describir trayectorias tridimensionales en el tiempo, el espacio y la forma. Otros objetos activos, que llamaremos en un sentido diferente al habitual, procesadores, son quienes someten a los primeros y lo hacen desplazándolos con respecto a un referencial TEF (T: tiempo; E: espacio; F: forma). Generalizando al máximo, los objetos pasivos pueden ser materia, energía o información y, puesto que sabemos que estos tres elementos marchan juntos, conviene aclarar que en cada circunstancia el objeto procesado es preferentemente uno de ellos. En la condición de su irreductibilidad mutua, radica la característica tan apreciada hoy de la información como ente racionalizador del consumo energético.

Que la información en sí sea algo probablemente indefinible, un conjunto virtual de propiedades de la materia/energía, sujeto en su realización a la eventual presencia de otros objetos sensibles a determinadas formas de energía, no invalida su consideración abstracta como objeto. La caja de herramientas de la información se compondría así de tres tipos básicos de «procesadores»: procesadores T, que mueven la información en el tiempo; procesadores E, que mueven la información en el espacio y procesadores F, que mueven la información en su forma (cambian su morfología).

Así pues, todo proceso de información es o puede ser una cadena de procesos básicos y todo procesador real de información es un procesador básico o una estructura de procesadores básicos. ¿Ejemplos? Un aparato telefónico es un procesador E, en emisión o en recepción, que actúa sobre la información sin modificar su forma (en términos ideales), únicamente transfiriéndola de un soporte energético, onda sonora, a otro, onda eléctrica, y viceversa. Un circuito codificador es un procesador F. Todos los procesadores afectan a la información en el tiempo, aunque no sea más que por el lapso ineludible en el proceso, pero los hay especializados en retenerla: son las memorias. Conservan una información congelada en el espacio y en la forma (idealmente), luego sólo la desplazan en el eje del tiempo. Es preciso señalar que no se debe confundir el procesador T memorizador con el soporte material que éste utiliza para desarrollar su función, sea aquél una fotografía, una cinta de video o una ficha perforada.

Por último, los instrumentos de la información, siendo por lo general sistemas compuestos por procesadores básicos, es lícito verlos desde fuera como procesadores T, E o F si el cambio que producen globalmente a lo largo de una de las dimensiones es notoriamente dominante. Es por eso por lo

que una red telefónica se comporta a la manera de un procesador E: toma una información en un punto del espacio y la traslada selectivamente a otro punto. Sabemos que su estructura comporta de por sí indeseables procesadores T y procesadores F, lo que implica retardos, deformaciones y fallos, que degradan la calidad de su función principal, el transporte de la información. Cumplir dicha función implica encadenar procesos parciales por tramos de espacio en un entorno de concurrencia informacional de múltiples puntos de entrada y salida distribuidos en el espacio. Sigue siendo predominantemente un procesador E, un muy complejo procesador E, puesto que lo estamos considerando externamente.

El campo de la espectroscopía, tan fundamental para nuestro conocimiento del mundo físico, nos suministra cuantiosos ejemplos de procesadores predominantemente E, por mucho que a veces sustancien cambios de forma de la información, como ocurre en la espectroscopía molecular basada en la variación de frecuencia experimentada por la radiación incidente sobre una molécula (efecto Raman). De manera general, todos los instrumentos concebidos para emitir, reproducir, transmitir o recibir información se comportan como procesadores E.

Donde se derrumba estrepitosamente esta regla de unifuncionalidad comportamental es en el computador, que es un procesador F y T, a la vez, según grados y modos variables, controlados por programa: la especificación del eventual proceso F es una información, sometida ella misma a un proceso T, de tiempo elegible a voluntad.

CA VIVOS DE INTEGRACION

Sugerimos focalizar ahora nuestra atención en el problema de integrar unos procesadores con otros, con la finalidad de componer nuevos instrumentos, aspectos que habíamos soslayado. Apenas podemos hacer otra cosa que rozar la epidermis del problema, pues de otro modo habría que penetrar en el bosque de diferencias apenas desvelado anteriormente. En lugar de esto, señale y analizaré dos categorías de vectores que están modificando la estructura y el contenido de dicho problema: el vector de electrificación creciente y el vector de digitalización creciente.

Vector de electrificación

Nadie duda acerca del papel que juega la electrónica en el desarrollo actual de las tecnologías de la información y, por consiguiente, en los productos y servicios derivados. Podría, y debería matizarse que su influencia directa e indirecta no alcanza al cien por cien de las TI. Hay abuso también cuando se cita la microelectrónica como su soporte casi exclusivo, más, en conjunto, lo cierto es que el corazón del bosque se va reestructurando con árboles de la misma o parecida especie, de raíces, tronco y hojas de materia electrónica. Por citar ejemplos del dominio común, la cámara de fotografía, la cámara cinematográfica, el microscopio, el telescopio, el reloj, ciertos instrumentos musicales, han encontrado sustitución, ampliación o complementación, según los casos, en sus homólogos electrónicos. La instrumentación de medida y control incorpora día a día nuevos elementos de la electrónica y ésta es una verdad experimentalmente indiscutible. Sin embargo, se mire por donde se mire, permanece y permanecerá siempre un reducto no electrónico, —progresivamente reducido, eso sí— en las áreas

funcionales de la adquisición y de la difusión de la información y dependiendo de la naturaleza energética inicial o final de ésta.

El progreso de la electrónica se manifiesta en la producción de elementos cada vez y a la vez más baratos, menos energéticos y más potentes. Con las dos primeras condiciones se favorece su diseminación y su penetración. En la tercera radica un impulso incesante de potenciación de funciones, porque al decir elementos más potentes, estamos empleando una palabra genérica para significar más capaces (memoria, canal), más veloces (procesador, memoria), más sensibles (transductor), más potentes (emisor, receptor), de mayor anchura de banda, de mayor capacidad de representación, de mayor versatilidad, etc.

No doy cifras, para no apartarnos del tratamiento conceptual del tema. Son sustanciales y rápidamente mudables. Su impacto sobre las posibilidades del tratamiento de la información se extiende vertiginosamente y simultáneamente a las tres dimensiones TEF.

El lector puede prepararse un ejemplo ilustrativo al respecto comparando el grado de inmediatez y de autonomía en producir imágenes, almacenarlas, recombinarlas, reproducirlas o transmitir las a cualquier lugar del mundo por procedimientos cinematográficos o electrónicos.

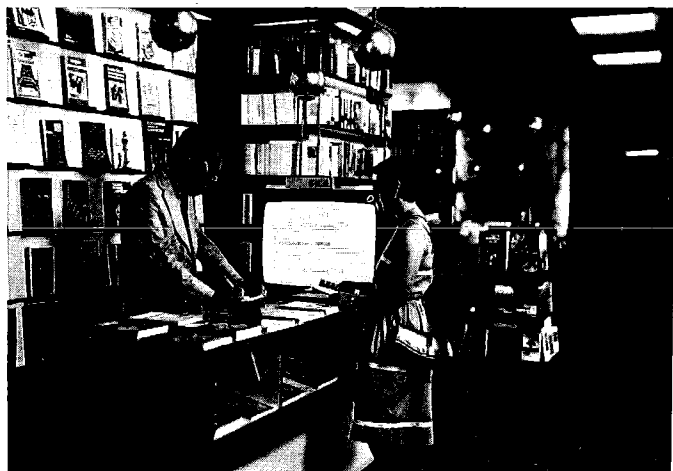
Vector de digitalización

La digitalización se basa en el hecho de que cualquier información puede representarse a partir de un conjunto de dos signos diferentes. Nos referimos a la digitalización binaria, que es prácticamente la única utilizada. Que toda información pueda transformarse en una secuencia adecuada de dos signos fundamentales iguala en la forma, por así decirlo, la imagen con el sonido, y con los números, los signos alfabéticos o las señales de cualesquiera fenómenos físicos. Desde este punto de vista, se borran las diferencias entre una señal electrocardiográfica, una fotografía obtenida por un satélite, la voz humana, el texto de una noticia periodística, el valor medio de un campo magnético, los ecos provocados por una serie de explosiones sobre yacimientos submarinos o los datos de nuestra cuenta corriente.

Resulta difícil exagerar la significación unificadora de estas dos líneas de tendencia. La integración de procesos adquiere con estas dos palancas un vigor desconocido, puesto que los procesadores hablan el mismo lenguaje digital binario —mismo soporte simbólico— y emplean un mismo soporte físico, la electrónica. Es un paso trascendental.

El computador (siempre redescubierto) en un nuevo papel con las TI

Sin embargo, las razones expuestas, aun siendo sólidas, no podrían por sí solas justificar la realidad actual y el potencial explosivo de las tecnologías de la información, ya que, tras aquéllas, se ocultan nuevas y serias restricciones prácticas. Brevemente, el ser humano se vería desbordado para afrontar con sus armas intelectuales el torbellino abierto de posibilidades TEF, entre las que muchas le son inaccesibles incluso a sus sentidos. Además, la representación digital binaria no entraña un lenguaje único, sino que encierra cualquier diversidad de códigos y lenguajes, análogamente a como con los veintitantos signos del alfabeto pueden construirse conjuntos tan distintos como el diccionario español o el diccionario alemán. La pieza argumental última,



El libro impreso se prolonga en nuestro tiempo con las técnicas gráficas avanzadas y otras tecnologías de la información.

el eslabón necesario para paliar o disolver muchas de estas dificultades (abriendo nuevos campos de dificultades, todo hay que decirlo) es el computador, precisamente electrónico y digital.

El computador (ordenador o computadora, como prefiera cada cual) ha significado un hito, primero como instrumento increíble e infatigable de cálculo y después, como instrumento de tratamiento de datos. Su huella se ha hecho indeleble en el brutal tirón de la investigación científica y en el avance técnico de estos últimos treinta años y se extiende decididamente por la industria, la gestión económica y la organización social.

Ocurre que ahora estamos descubriendo y aplicando el atributo más general de un computador: su capacidad de manipulación de símbolos. De ahí surge su nuevo y doble papel. Integrándose como instrumento en el conjunto de instrumentos de las tecnologías de la información, permite integrar éstos y controlar su acción. Recordémoslo: es un procesador TF, y la F no es fija, sino programable. Es decir, con velocidad electrónica, almacena, recupera y realiza sus manipulaciones simbólicas (accesos, búsquedas, clasificaciones, selecciones, conmutaciones, transformaciones, cálculos, etc.).

Con el computador, la informática y la electrónica, penetran, enriquecen, sinergizan y multiplican todas las ramas de la tecnología física de la información. Un procesador T se hace más rápido y flexible (manipulable, automatizable) si tiene un computador dentro y aumenta su conectividad a otros procesadores F o E. A los procesadores F y E les sucede lo propio. Todas las telecomunicaciones se ven afectadas por este movimiento y sus redes y sistemas se trufan de ordenadores, que hacen posible un proceso E más completo, más versátil, más extendido y más inteligente. Así, por ejemplo, los computadores se transmutan en centrales telefónicas, al tiempo que la red de transporte telefónico se convierte en el gran procesador E que intercomunica otros computadores y el televisor doméstico se viste de terminal de datos. Camino de mayores cotas de integración, los aparatos telefónicos se están configurando como terminales de voz y datos, que incorporan funciones T (memoria) y F (computación). Son los videófonos, que sumarán a su capacidad de acceso a las redes de telefonía y de cálculo, sus capacidades autónomas.

Podría citarse un largo etcétera, lo que sólo sería pálido retrato del principio de una etapa en la que las telecomunicaciones, para aprovechar además la oferta canalizadora de

satélites y fibras ópticas, necesitan ostensiblemente el computador, el cual asumirá el control de las redes y la transformación de formatos, códigos, protocolos, correcciones, el almacenamiento de la información y una amplia gama de operaciones.

La reprografía, el mundo de la imagen y el sonido, la instrumentación de observación científica (incluyendo las numerosas aplicaciones en biología), el manejo de procesos físicos —en la parte que corresponde a la información (la automatización y la robotización se basan en un ciclo cerrado de captación de información, tratamiento y acción)— son tantos otros campos que están recibiendo o recibirán la impronta de los computadores.

Dispositivos de uso corriente, sean o no informativos, aparecen de pronto dotados de un microprocesador: la fotocopiadora, el magnetoscopio o el coche. En las oficinas, la máquina de escribir mecánica se convirtió primero en una máquina eléctrica y ahora en un procesador de texto que, arropado por la instantaneidad de su memoria electrónica, permite toda suerte de manipulaciones textuales, incluidas el almacenamiento, recuperación, impresión sobre papel, reproducción en pantalla o transmisión a otros puntos por red local o red de larga distancia. En los cines y en nuestros hogares, nuestros ojos se habitúan a imágenes animadas que, en modo alguno, brotan de lo real, sino que están computadas, esto es, generadas por un ordenador y son, por todo lo dicho, un objeto más de información física.

La potencia transformadora del ordenador, frenada sólo



El computador se integra en el conjunto de las tecnologías de la información, permitiendo integrarlas y controlar su acción.

por la complejidad de determinados algoritmos, acomete de manera generalizada el proceso de las señales y abre las puertas al desarrollo de la inteligencia artificial, lo que, entre otros aspectos, le dotará de terminales nerviosos sensibles a informaciones antropomórficas.

PAUTAS DE DIVERSIFICACION DE LAS TI EN UN PROXIMO FUTURO

Las confluencias señaladas parecen marcar un camino para las tecnologías de la información, donde hay muchos

problemas técnicos por resolver y surgen otros nuevos, aunque dentro de una orientación presuntamente asentada.

Con el impulso de coherencia y control aportado por la electrónica, por la digitalización y por el empleo masivo de los computadores no se elimina la diversificación. Al contrario, probablemente se incrementa, por enriquecimiento e interconectabilidad de funciones, debido, de una parte, a la incontenible explosión de la oferta de productos electrónicos y, de otra, a las posibilidades del computador. En otras palabras, creo que estamos asistiendo a una fase histórica de integración metodológica de las tecnologías de la información, que provoca un auge (controlado) de diferenciación estructural.

En cuanto al computador, hay que resaltar dos cuestiones importantes. Primera, el computador no es un ente de propiedades físicas y funcionales únicas, sino que es un conjunto que se extiende desde el más simple microprocesador hasta la máquina de estructura más aparatosa y complicada. Consecuentemente, éste es un factor dinamizador de instrumentos tan variados como permita la imaginación, la necesidad o el mercado, desde los previstos para uso individual y autónomo hasta grandes y complejas redes mundiales.

En segundo lugar, el auténtico motor generador de funcionalidades es el programa, en el que reside el poder transformador de las informaciones, y ahí las posibilidades entran en un juego de combinatoria innumerable. Como detalle final, ha de resaltarse que los programas que, en definitiva, son paquetes de inteligencia, son también informaciones y, por tanto, almacenables, reproducibles, transmisibles y perfeccionables. Humildemente, quisiera reclamar la atención del lector pidiéndole que relea este párrafo y medite en las muchas consecuencias que entraña.

No resulta aventurado añadir que las tecnologías de la información, lanzadas en su marcha por los vectores de electrificación y digitalización creciente, están experimentando —en analogía con el proceso evolutivo de los homínidos— un proceso guiado por un vector de cerebración creciente.

A MODO DE RESUMEN

Después de extender el concepto de tecnología de la información, un breve y un tanto lírico análisis histórico me ha permitido matizar la idea, hoy adulterada, de revolución técnica, situando los espectaculares progresos de las TI como eslabones de una cadena evolutiva de corrientes que se entrelazan, a veces con puntos de amplificación. Cada corriente obedece a algún impulso humano, tiene esencia propia, pero se ha desarrollado con vigor sólo en aquellas sociedades donde la ciencia y la técnica han adquirido en ese período carta de naturaleza.

El corolario es que el futuro y el presente se escriben con base en el pasado inmediato y ésta es una situación recurrente. Por tal motivo, la innovación en el terreno de las TI es esperable sólo de quien tenga bien solidificado y engrasado un poderoso aparato científico y su correspondiente prolongación en ingeniería.

Las tecnologías de la información, consideradas en un espacio abstracto funcional TEF, nos manifiestan algunas claves de su evolución. Las hemos llamado vectores, en el sentido que este término nos transmite de proyección hacia el futuro, y son: electrificación, digitalización y computadorización. He argumentado sobre las consecuencias de integración funcional y metodológica y diversificación

estructural de las TI: quizá en este último me he quedado corto. No puede dejar de subrayarse que la existencia de estas pautas no excluye para nada un cúmulo de problemas técnicos para resolver.

No se ha querido entrar en el terreno de las consecuencias sociales y por ello me he referido exclusivamente a la información en su dimensión no significativa, esto es, física. Ya solamente desde este punto de vista, las consecuencias adquieren una grandeza difícil de abarcar, porque tiende a completarse un mundo nuevo para el hombre, lo que se ha llamado la tecnosfera. Efectivamente, el hombre está en camino de culminar instrumentalmente la superpotenciación de sus capacidades: sus órganos ejecutivos o efectores, sus órganos receptores y su sistema nervioso. Su mundo físico y social se empequeñece y agranda al mismo tiempo.

Todo ello afecta a su organización social, económica, a la totalidad de su vida. Crea desconocidas posibilidades y desequilibrios, que requieren procesos adaptativos complejos. La complejidad crece y a su costado crece inevitablemente el desorden (conflictos, desorganización, ruido). Con la infosfera, —la parte de la tecnosfera generada por las TI—, entran en juego otras dimensiones significantes de la información, específicas y vitales en el ser humano, y se depositan nuevos estratos de complejidad. Pero éste es ya tema para comunicólogos. ●

Fernando Sáez Vacas. *Es Ingeniero y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (Madrid, 1965 y 1969), Maître ès Sciences Aéronautiques (E.N.S.A., Paris, 1967) y Licenciado en Informática (Madrid, 1972).*

Tiene publicados unos noventa trabajos en diferentes medios (revistas nacionales e internacionales, congresos nacionales e internacionales, libros, etc.) sobre distintas áreas (electrónica, telecomunicaciones, informática, automática, educación, sociotecnología...)

Ha sido director de formación de Honeywell Bull S.A. y ERIA S.A. Es Catedrático Numerario de Cibernética y Ordenadores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid (desde 1974) y Director de Formación de ENTEL S.A.